

接地极放电对油气管道影响及防护

侯 舜 (国家管网集团广东省管网有限公司, 广东 广州 510700)

摘要: 高压直流输电线路接地极放电对埋地石油天然气管道可能产生电压、电流和热等影响, 并可能导致管道腐蚀、破裂等安全问题。为防止这些问题的发生, 需采用适当的接地极放电防护技术, 包括屏蔽接地极、接地极引下接地线和接地极环绕式防雷带等。本文主要对高压直流输电线路接地极放电对埋地石油天然气管道的危害进行了分析, 并介绍了接地极放电防护技术及其优缺点, 总结出未来的发展方向。

关键词: 高压直流输电; 接地极放电; 管道安全; 防护技术; 未来发展

1 研究背景

1.1 直流输电线路接地极放电的原理及危害

高压直流输电线路接地极放电是指在直流输电线路的接地极处发生放电现象。接地极是直流输电线路中将直流电与大地分离的设备, 它将直流电从输电线路引出并与大地相接。由于输电线路运行过程中可能存在过电压等异常情况, 当接地极所接触的大地电位达到一定程度时, 接地极处会发生放电现象。

接地极放电对埋地石油天然气管道的危害主要表现为: 杂散电流干扰: 接地极放电会产生较强的电磁场, 进而在地下产生杂散电流, 这些电流可能会经过石油天然气管道, 导致管道阴极保护效果降低, 从而加速管道的腐蚀, 甚至引起管道事故。管道绝缘破坏: 接地极放电还可能对石油天然气管道的绝缘层造成损坏, 导致绝缘阻抗下降, 管道的安全性能降低。为了防止接地极放电对埋地石油天然气管道造成危害, 可以采取以下防护措施: 增加接地极数量: 增加接地极的数量可以有效地降低每个接地极的电位, 从而减小接地极放电对石油天然气管道的影响。采用电流屏蔽技术: 在接地极周围安装屏蔽罩或者接地网, 将电场集中于接地极附近, 减小电场对石油天然气管道的影响。采用接地极降压技术: 通过在接地极与地之间串联电阻或电感器等元件, 将接地极的电位降低到安全范围内, 从而避免接地极放电对管道的危害。

1.2 埋地石油天然气管道的特点及其受到的影响

石油天然气管道是一种重要的能源输送方式, 其特点是埋地运输, 因此受到地下环境的影响较大。由于电气接地和石油天然气管道接地之间存在电位差, 当高压直流输电线路接地极放电时, 会在管道周围形成电场, 导致管道周围土壤的电位发生变化, 从而影响管道的阴极保护效果, 加速管道的腐蚀, 甚至引起管道事故。因此, 在设计石油天然气管道时, 需要考虑到地下环境的特点和可能产生的影响, 并采取相应

的防护措施。例如, 可以在管道周围设置防护屏障, 限制电场扩散; 在管道附近设置阴极保护电极, 增强管道的阴极保护效果; 采用电位分布式监测系统, 实时监测管道周围的电位变化, 及时发现并解决问题。

1.3 研究目的和意义

一方面, 随着石油天然气需求的不断增加, 埋地石油天然气管道的建设和使用规模也在不断扩大, 其安全稳定运行对社会经济发展和能源安全至关重要。另一方面, 高压直流输电线路的建设也在快速发展, 其与石油天然气管道的交叉布设也越来越多, 因此高压直流输电线路接地极放电对管道的影响也越来越值得关注。深入研究高压直流输电线路接地极放电对埋地石油天然气管道的影响及其危害, 可以为管道安全运行提供技术支持和科学依据, 保障能源安全和社会稳定。同时, 防护措施的提出和应用也可以为石油天然气管道和高压直流输电线路的和谐共存提供技术支持和实践经验。

2 接地极放电的危害分析

2.1 接地极放电对管道的影响

2.1.1 电腐蚀作用

接地极放电会导致管道附近的土壤电位发生变化, 使得管道处于不同的电位之间, 从而引发管道的电腐蚀作用。该作用会使管道金属表面逐渐腐蚀, 最终导致管道的损坏和泄漏。因此, 接地极放电对管道的电腐蚀是管道防护中需要重点考虑的问题之一。

2.1.2 管道电位升高

接地极放电会使得管道附近的土壤电位发生变化, 从而导致管道本身的电位升高。当管道电位升高到一定程度时, 就会使管道与周围的土壤电位差大大增加, 从而加剧了管道的电腐蚀作用。

2.1.3 管道电位反向

接地极放电会使得管道附近的土壤电位发生变化, 从而导致管道本身的电位反向。这会严重影响管道阴

极保护系统的正常工作，导致管道金属表面的腐蚀。

2.1.4 管道漏电流

接地极放电会在管道周围的土壤中产生漏电流。这会对管道防护系统的运行产生干扰，降低防护效果，从而加剧了管道的腐蚀作用。

为了保障管道的安全稳定运行，必须采取有效的防护措施来降低接地极放电对管道的影响。

2.2 放电产生的原因和机制

接地极放电的产生是由于高压直流输电线路的接地极与地之间的电位差过大，导致电荷在两者之间形成电晕放电。在这个过程中，接地极的电势会形成一个电晕区域，其中离接地极表面较近的地方电场强度最大，当电场强度达到一定程度时，电子会被从大气中加速到足以离开分子的能量水平，然后撞击接地极表面，产生新的电子，这样就形成了一个放电电路。根据欧姆定律，放电电路中电流的大小与电阻成反比，因此地面的电阻越小，放电电流就越大。

放电机制是一个非常复杂的过程，涉及电场、电荷运动、电离等多个因素。当电场强度超过气体的击穿场强时，气体中的原子或分子会被电离形成正负离子对，这些离子会在电场的作用下加速运动并撞击周围的分子，进一步引发离子化反应，产生更多的离子和自由电子，从而形成放电电流。在高压直流输电线路中，接地极周围的大气中存在着许多杂质，如水蒸气、尘埃等，这些杂质在电场的作用下也会发生电离，进一步促进接地极放电的发生。

2.3 放电电压的传递与漏电流的分析

2.3.1 放电电压的传递

在高压直流输电线路中，由于接地极周围空气中存在的水分、灰尘等导电介质，会在接地极表面形成一层导电污垢，导致接地极表面电势升高。当接地极电势升高到一定程度时，接地极表面与地面之间会发生放电，从而导致接地极放电。放电过程中会产生高电场和强烈的电子冲击，将放电电压传递到管道附近的地区。

2.3.2 漏电流的分析

接地极放电会产生漏电流，漏电流通过地下管道和土壤中的电阻，形成电势分布。这种电势分布的不均匀性可能导致管道周围的局部区域出现电势梯度，从而造成管道与地面之间的电位差增大。这样就会产生电流通过管道，形成管道杂散电流，对管道的防腐层和金属材料造成损害。

放电电压的传递和漏电流是造成危害的重要因素。因此，在管道防护方案中需要考虑减小接地极放

电，降低漏电流的影响，保障管道的安全运行。

3 防护技术

3.1 管道防雷与防护的方法

3.1.1 接地保护

在管道系统中设置足够数量的接地装置，将管道系统的电位与地面保持相同。这样做可以减小接地极放电产生的影响，降低管道的漏电流。对于高压直流输电系统，可以在管道周围铺设绝缘材料，并接地保护，以减小管道受到的干扰和冲击。接地保护能够有效地降低管道的静电电位，减少接地极放电对管道产生的危害。

3.1.2 避雷器保护

在管道附近设置避雷器，能够有效地保护管道免受雷击和接地极放电产生的干扰。常见的避雷器有氧化锌避雷器和气体放电管避雷器。在高压直流输电系统中，通常使用气体放电管避雷器，它具有耐受高电压的特点，能够防止雷击产生的高电压波形对管道产生危害。

3.1.3 绝缘保护

在管道周围铺设绝缘材料，如沥青等，能够有效地减小接地极放电对管道的危害。绝缘材料能够阻止高压直流输电系统与管道系统之间的电荷积累，从而减小漏电流，减小管道受到的损伤。

3.1.4 检测监测

对于管道系统，应该定期进行检测监测，以确保管道系统的完整性和安全性。常见的检测方法包括地电位差法、阴极保护法和波纹管法等。这些方法能够有效地检测管道系统的电位和电流等参数，及时发现管道系统的异常情况，避免管道系统受到损伤。

3.2 接地极放电防护技术的原理及分类

针对接地极放电对埋地管道的危害，需要采取适当的防护技术。常用的接地极放电防护技术主要包括屏蔽接地极、接地极防护罩、降低接地极电位等。

首先，屏蔽接地极技术是指在接地极周围设置导电屏蔽层，将接地极的电场分布控制在一定范围内，减小了接地极的漏电流，从而减小了对管道的危害。屏蔽接地极技术可以分为单级屏蔽和多级屏蔽两种类型。其次，接地极防护罩技术是在接地极周围设置接地极防护罩，通过减小接地极与土壤的接触面积，将接地极周围的电场分布控制在一定范围内，从而降低漏电流的危害。接地极防护罩技术主要分为直接接地极防护罩和间接接地极防护罩两种类型。此外，还可以采取降低接地极电位的技术来减小接地极放电对管道的危害。例如，通过增加接地极的地下埋深、改善

接地条件、降低接地极的电位等方式，来减小接地极周围的电场分布，从而减小漏电流的危害。

3.3 防护技术的优缺点及适用范围防雷母线

防雷母线是在管道周围铺设一定长度的接地电缆，在接地电缆上按一定距离焊接金属条形导体，形成了一个环状的金属导体网。该技术的优点是结构简单、可靠性高、易于施工和维护，并且具有一定的灵活性，可根据管道周围环境的变化调整接地电缆的长度和形状。缺点是成本较高，需要耗费一定的材料和人力资源。防雷母线适用于地质条件好，土壤电阻率低，管道周围没有高压直流输电线路或其他大电流设备的地区。

3.3.1 接地电阻调节器

接地电阻调节器是通过改变接地电阻的大小和形状来调节接地系统的电位，减少接地极放电对管道的影 响。该技术的优点是可以根据需要调节接地电阻，从而适应不同的地质条件和管道环境。缺点是需 要定期维护和检修，以确保接地电阻调节器的正常工作。接地电阻调节器适用于地质条件复杂、土壤电阻率变化大、管道周围有高压直流输电线路或其他大电流设备的地区。

3.3.2 接地极防护罩

接地极防护罩是在接地极上安装的一个金属罩，可以有效地防止接地极放电对管道的影 响。该技术的优点是结构简单、成本低、易于安装和维护，并且具有一定的防雷性能。缺点是适用范围有限，只能对接地极周围的局部区域进行防护。接地极防护罩适用于管道周围没有高压直流输电线路或其他大电流设备的地区。

4 结论

4.1 研究成果的总结

接地极放电对石油天然气管道具有潜在的危害，可能导致管道腐蚀、破坏、漏油等问题。在防护方面，使用防雷带、防雷网、接地装置等技术可以有效减缓接地极放电对管道的影 响。不同的防护技术具有不同的优缺点和适用范围。未来的研究可以进一步探索更加先进和可靠的防护技术，并结合实际情况进行应用。该研究成果对于保障能源输送和环境保护具有重要意义。

4.2 地极放电防护技术的未来发展方向

4.2.1 发展新型的防护材料和技术

传统的接地极防护技术主要依赖于电气绝缘材料和隔离结构，然而这些材料和技术在长期使用中存在老化和破损等问题，容易导致接地极放电。因此，未

来需要发展更加耐用、稳定的材料和技术，如新型纳米材料和防护涂料等。

4.2.2 开发智能化的监测和预警系统

目前的接地极防护技术主要是靠巡检和维护来保障，这种方式费时费力，且容易漏检。未来应开发基于物联网和大数据分析的智能化监测和预警系统，能够实时监测接地极的状态和工作情况，并通过数据分析来预测和预警接地极放电的风险，从而及时采取措施避免事故发生。

4.2.3 推广应用无线充电技术

随着无线充电技术的不断发展和普及，未来可以将其应用于接地极防护中。通过无线充电技术，可以避免接地极周围的电缆和设施被损坏，减少对现有设施的影响。

参考文献：

- [1] 曾志明, 贺利兵, 程旭, 等. 高压直流输电线路接地极放电对埋地管道的影 响及防护 [J]. 高电压技术, 2016(04):1048-1054.
- [2] 吴志华. 高压直流输电对石油天然气管道的影 响及防护措施 [J]. 石油石化技术开发, 2008, 27(4):77-79.
- [3] 黄斌, 王鹏, 段君利. 高压直流输电线路接地极放电对埋地金属管道的影 响 [J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(19):78-83.
- [4] 沈磊, 朱国庆. 高压直流输电线路接地极放电对埋地石油天然气管道的影 响及防护 [J]. 高压电器, 2018 (05):126-130+78.
- [5] 王慧. 高压直流输电线路接地极放电对埋地管道的影 响与防护 [J]. 高压电器, 2015, 51(9):144-149.
- [6] 张志雄, 刘建平, 王立业, 等. 接地极防护罩技术在高压直流输电中的应用研究 [J]. 电力建设, 2015, 36 (11):14-19.
- [7] 王勇, 付伟, 韩文浩, 等. 高压直流输电接地极周围电场分布规律及其对管道危害分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(13):59-64.
- [8] 李峰, 肖俊. 高压直流输电线路接地极放电对埋地石油天然气管道的危害及其防护 [J]. 高电压技术, 2016, 42(1):35-42.
- [9] 董哲, 王广峰, 胡杨涛, 等. 埋地管道接地极放电的防护技术 [J]. 油气储运, 2018, 37(7):758-762.
- [10] 王伟, 邱婧. 埋地管道接地极放电防护技术综述 [J]. 安全, 健康与环境, 2020, 20(6):36-39.

作者简介：

侯舜 (1987-), 男, 汉族, 广东广州人, 本科, 工程师, 研究方向: 石油天然气管道保护。